"نشریه علوم زراعی ایران"
جلد بیست و ششم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۳

مقاله پژوهشی

DOR: 20.1001.1.23223243.2021.19.1.29.0

اثر تاریخ کاشت و دور آبیاری بر صفات مورفولوژیک و عملکرد دانه ارقام جدید کنجد ناشکوفا (*Sesamum indicum* L.)

Effect of sowing date and irrigation intervals on morphological traits and seed yield of new indehiscent sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars

مهدی عطار روشن[۱]، افراسیاب راهنما[۲]، موسی مسکر باشی[۳]، محمد رضا سیاهپوش[۴] و متیو تام هریسون[۵]

چکیده

عطار روشن، م.، ا. راهنما، م. مسکر باشی، م. ر. سیاهپوش و م.ت. هریسون. ۱۴۰۳. اثر تاریخ کاشت و دور آبیاری بر صفات مورفولوژیک و عملکرد دانه ارقام جدید کنجد ناشکوفا (*Sesamum indicum* L.) **نشریه علوم زراعی ایران. ۲۶ (۲): ۱۶۹ -۱۴۸.**

به‌منظور بررسی اثر تاریخ کاشت و دور آبیاری بر صفات گیاهی و عملکرد دانـه ارقـام جدیدکنجـد ناشـکوفا، یـک آزمـایش مزرعـه‌ای به‌صورت کرت‌های خرد شده نواری در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در دو سـال ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ در مزرعـهٔ آزمایشـی شرکت کشت و صنعت شهید رجایی دزفول اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه تاریخ کاشت (۱۵ خرداد، ۳۰ خرداد و ۱۴ تیر) بـه عنـوان عامل اصلی اول، سه دور آبیاری (۸، ۱۳ و ۱۸ روز) به‌عنوان عامل اصلی دوم و سه رقم کنجد ناشکوفا به نام‌های برکـت، مهـاجر و چمـران و رقم شکوفای شوین (شاهد) به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که تاخیر در کاشت باعث کـاهش عملکـرد دانـه ارقـام کنجد شد. در سال اول در تاریخ کاشت ۳۰ خرداد و ۱۴ تیر، میزان کاهش عملکرد دانه بطور معنی‌داری (۹ و ۱۶ درصـد) نسـبت بـه تـاریخ کاشت ۱۵ خرداد کمتر بود. افزایش فواصل آبیاری باعث کاهش ویژگی‌های مورفولوژیک و عملکـرد دانـه ارقـام کنجـد در هـر دو سـال آزمایش شد. در سال اول آزمایش دور آبیاری ۱۳ و ۱۸ روز باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه (۱۲ و ۳۴ درصـد) نسـبت بـه دور آبیـاری ۸ روز شد. بیشترین مقدار عملکرد دانه و روغن دانه مربوط بـه رقـم برکـت در سـال اول در دور آبیـاری ۸ روز و تـاریخ کاشـت ۱۵ خـرداد (به‌ترتیب ۱۷۳۰ و ۸۲۱ کیلوگرم در هکتار) و در سال دوم در دور آبیاری ۸ روز و تاریخ کاشت ۳۰ خرداد (به ترتیـب ۱۴۰۰ و ۶۹۴ کیلـوگرم در هکتار) بدست آمد. ارقام کنجد ناشکوفای برکت و مهاجر در مقایسه با رقم شکوفای شوین در تیمارهای افـزایش دور آبیـاری و تـاخیر در کاشت، کاهش عملکرد دانه و روغن دانه کمتری داشتند و به دلیل مقاومت به ریزش دانـه و حفـظ میـزان عملکـرد در شـرایط تغییـر تـاریخ کاشت و افزایش دور آبیاری، سازگاری مناسب‌تری به تغییرات محیطی داشتند. بر اساس نتایج این آزمایش تاریخ کشت ۱۵ تا ۳۰ خـرداد بـه عنوان تاریخ کاشت بهینه و دور آبیاری ۸ تا ۱۳ روز به عنوان دور آبیاری مناسب برای ارقام کنجد بودند. نتـایج ایـن تحقیـق نشـان داد کـه مقاومت به ریزش دانه، عملکرد دانه و روغن بالا در ارقام کنجد ناشکوفای برکت و مهاجر، می‌تواند امکان زراعت گسترده و ماشـینی کنجـد را به‌صورت کشت تابستانه و به‌عنوان جایگزین سایر گیاهان تابستانه آب‌بر در منطقه فراهم کند.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، روغن دانه، عملکرد دانه، کنجد و مقاومت به ریزش دانه

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۳۰

این مقاله مستخرج از رساله دکتری نگارنده اول می‌باشد.

۱- دانشجوی دکتری دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

۲- دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران (مکاتبه کننده، a.rahnama@scu.ac.ir ✉)

۳- استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

۴- دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

۵- دانشیار مؤسسه کشاورزی تاسمانی، دانشگاه تاسمانی، تاسمانی، استرالیا، ۷۲۴۸

Effect of sowing date and irrigation intervals on morphological traits and seed yield of new indehiscent sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars

Attar Roshan, M.[1], Rahnama, A.[2*], Meskarbashee, M.[3], Siahpoosh, M.R.[4] and Harrison, M.T.[5]

ABSTRACT

Attar Roshan, M., Rahnama, A., Meskarbashee, M., Siahpoosh, M.R. and Harrison, M.T. 2025. Effect of sowing date and irrigation intervals on morphological traits and seed yield of new indehiscent sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars. **Iranian Journal of Crop Sciences. 26(2): 148-169. (In Persian).**

Introduction: Sesame is one of the oldest oilseed crops grown in tropical and sub-tropical regions of the world. Sesame production is constrained by susceptibility to capsule shattering and excessive pre- and post-harvest seed loss. Recently, new indehiscent sesame cultivars have been developed and introduced with the characteristics of indehiscent capsules at the ripening stage and resistance to capsule and seed shattering (Langham, 2001). More research is required to convince the local farming communities to adopt and grow these new indehiscent sesame cultivars and benfit from their promising productivity. Sesame cultivars vary in their adaptability to different growing conditions. This experiment was conducted to to determine optimum sowing date window and irrigation interval for new indehiscent sesame cultivars.

Materials and Methods: To study the effects of sowing dates and irrigation intevals on morphological traits and seed yield of new indehiscent sesame cultivars, a field experiment was carried out as strip-split plot arrangements in randomized complete block design with four replications in Shahid Rajaei Agro-Industrial Company in Dezful, Iran, in 2021 and 2022. First main factor consisted of three sowing dates (June 5, June 20 and July 5) and second main factor included were three irrigation regimes (irrigation after 8, 13 and 18 days). Sub plots consisted of three indehiscent (Chamran, Mohajer, Barkat) and one dehiscent (Schewin) sesame cultivars.

Results: The results showed that morphological traits and seed yield significantly decreased in both years by increasing irrigation intervals. Irrigation intervals caused significant decrease in seed yield in both years. In 2021, the seed yield of all cultivars significantly decreased under irrigation after 13 and 18 days by 12% and 34%, respectively, when compared with irrigation after 8 days. Delayed sowing dates caused significant decrease in seed yield. In 2022, the seed yield of all cultivars significantly decreased in delayed sowing dates June 20 and July 5 by 16% and 9%, respectively, when compared to June 5. In 2021, cv. Barkat had the highest seed and oil yield (1730 and 821 $kg.ha^{-1}$, respectively) in irrigation after 8 days, and June 5 sowing date. In 2022, cv. Barkat had the highest seed and oil yield (1400 and 694 $kg.ha^{-1}$, respectively) in irrigation after 8 days, and June 20 sowing date. Indehiscent cv. Barkat and cv. Mohajer had the lowest seed and oil yield reduction and showed greater seed yield stability under longer irrigation intevals conditions and delayed sowing date, when compared with cv. Schwin. In addition, these two cultivars can adapt to environmental changes through minimizing the seed yield losses due to seed-shattering resistance under different irrigation intervals and sowing dates.

Conclusion: Overall, the results of this experiment showed that sowing dates from June 5 to June 20 as the optimal sowing date window and irrigation intervals between 8 to 13 days can be recommended as a suitable crop management package to improve sustainable sesame production in warm and dry agro-climatic conditions of kuzestan province, Iran. In addition, high seed and oil yield in indehiscent cv. Barkat and cv. Mohajer facilitate mechanization of growing and harvesting of sesame as a summer crop. This is very important for food security as well as reducing water consumption by replacing it with other summer crops with higher water consumption, especially in Khuzestan conditions.

Key words: Irrigation, Seed oil content, Seed yield, Seed shattering resistance and Sesame

Received: April, 2024 **Accepted: July, 2024**

1. Ph. D. Student, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
2. Associate Prof., Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran (Corresponding author, ✉ a.rahnama@scu.ac.ir)
3. Professor, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
4. Associate Prof., Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
5. Associate Prof., Tasmanian Institute of Agriculture, University of Tasmania, Launceston Tasmania, Australia, 7248

مقدمه

کنجد یکی از قدیمی‌ترین دانه‌های روغنی مهم در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری محسوب می‌شود (Bedigian and Harlan, 1986). کنجد بومی ایران بوده و زراعت آن در استان خوزستان به‌عنوان کشت دوم پس از برداشت گندم سابقه دیرینه دارد. سطح زیر کشت کنجد در جهان ۱۲/۸۳ میلیون هکتار با تولید سالانه ۶/۷۴ میلیون تن است (FAO, 2022). سطح زیر کشت کنجد در ایران حدود ۳۹۵۰۰ هکتار و میزان تولید آن ۴۴/۸ هزار تن گزارش شده است (Anonymous, 2022). یکی از مشکلات اصلی در زراعت گسترده کنجد، باز شدن کپسول‌ها و ریزش دانه در قبل و زمان برداشت محصول است. بیش از ۹۹ درصد ارقام کنجد جهان دارای ریزش دانه هستند و برداشت محصول آن‌ها معمولا به‌صورت دستی انجام می‌شود. بنابراین ناشکوفا بودن کپسول و عدم ریزش دانه در زراعت مکانیزه کنجد یک ویژگی بسیار مهم محسوب می‌شود (Langham, 2001).

کنجد توانایی رشد در شرایط محدودیت آبی در مناطق خشک و نیمه‌خشک را دارد (Dossa *et al.*, 2017). کنجد در عین تحمل به کم آبی، در مرحلهٔ استقرار گیاهچه و دورهٔ گلدهی تا پر شدن دانه به تنش خشکی حساس است (Fallah Ghalhari *et al.*, 2016). وقوع تنش خشکی در مرحله گلدهی باعث کاهش عملکرد دانه، تعداد دانه در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه کنجد می‌شود (Heidari *et al.*, 2011). تنش خشکی در مرحله زایشی باعث اثر منفی بر صفات زراعی (Asadi *et al.*, 2020; Momeni *et al.*, 2020)، فیزیکوشیمیایی (Kadkhodaie *et al.*, 2014a) و کیفیت بذر (Kadkhodaie *et al.*, 2014b) کنجد می‌شود. گزارش شده است که اعمال تنش خشکی باعث کاهش تعداد کپسول (Farahbakhsh and Farahbakhsh. 2014)، کاهش تعداد دانه در کپسول و کاهش وزن دانه (Goldani *et al.*, 2010) در کنجد می‌شود. کاهش پتانسیل آب خاک، باعث کاهش رشد گیاه کنجد و کاهش عملکرد دانه و شاخص برداشت می‌شود (Asadi *et al.*, 2020). آبیاری به‌موقع علاوه بر افزایش عملکرد دانه و کارآیی مصرف آب، باعث افزایش محتوای روغن دانه می‌شود (Vafabakhsh *et al.*, 2008). تنظیم فواصل آبیاری ضمن جلوگیری از اثر منفی تنش خشکی، یک راهکار مناسب برای افزایش بهره‌وری مصرف آب محسوب می‌شود (Mojadam *et al.*, 2017).

شناسایی تاریخ کاشت مناسب با هدف بهره‌گیری بهینه گیاه از عوامل اقلیمی مانند دما، رطوبت، طول روز و همچنین تطابق زمان گلدهی با دمای مناسب، نقش مهمی در افزایش عملکرد و توسعه سطح زیر کشت کنجد ایفا می‌کند. تاریخ کاشت مناسب کنجد فرصت لازم برای آماده سازی بستر کاشت و کشت پاییزه کنجد را فراهم می‌آورد. به گزارش سیاح‌پور (Sayyahpour 2008) مناسب‌ترین تاریخ کاشت برای کشت لاین‌های کنجد در شرایط اقلیمی دزفول پنجم مرداد است. در شرایط اقلیمی گرم و مرطوب نیجریه، کاشت کنجد در اوایل تا اواسط جولای، بیشترین تعداد شاخه در بوته، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و عملکرد دانه را داشت (Olowe, 2007). بر اساس نتایج یک آزمایش در سودان، کاشت کنجد در ماه آوریل، عملکرد بیشتری نسبت به ماه‌های سپتامبر و ژانویه داشت (Nafe *et al.*, 2010). هژبری دوقوزلو و همکاران (Hojabri Dughezlo *et al.*, 2014) گزارش دادند که در شرایط اقلیمی بوشهر، بیشترین میزان روغن دانه کنجد مربوط به لاین ۵ (۵۵/۲ درصد) در تاریخ کاشت ۳۰ تیر بود.

منـاطق دارای آب و هـوایی مدیترانـه‌ای بـرای زراعت کنجد به‌عنوان زراعت دوم بسیار مناسب هستند (Anastasi *et al.*, 2017). اگرچه کنجد با طول دوره رویشی حدود چهار ماه، توان تولید بالایی در این مناطق دارد، با این حال، در بیشتر این مناطق برای زراعت فاریاب کنجد محدودیت آب وجود دارد

(Alrteimei *et al.*, 2022). بر همین اساس، با توجه به اهمیت تعیین تاریخ کاشت مناسب کنجد به‌منظور فراهم آوردن فرصت مناسب برای کشت پاییزه گیاه بعدی و صرفه‌جویی در مصرف آب تابستانه و همچنین اهمیت ارقام ناشکوفای کنجد با ویژگی مقاومت به ریزش دانه و عملکرد دانه بالا جهت توسعه کشت ماشینی، پژوهش حاضر با هدف درک بهتر واکنش‌های مورفولوژیک و عملکردی ارقام کنجد ناشکوفا در تیمارهای تاریخ کاشت و دورآبیاری جهت تعیین بهترین تاریخ کاشت و مدیریت آبیاری و مناسب‌ترین رقم کنجد ناشکوفا در شرایط اقلیمی دزفول اجرا شد.

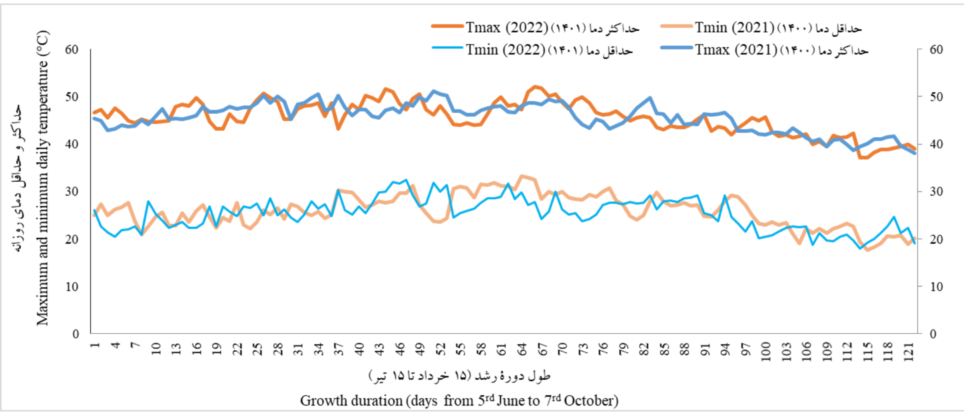
مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر تاریخ کاشت و دور آبیاری بر صفات گیاهی و عملکرد دانه ارقام جدید کنجد ناشکوفا، آزمایشی در دو سال متوالی ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ در مزرعهٔ آزمایشی شرکت کشت و صنعت شهید رجائی شهرستان دزفول اجرا شد. دزفول در طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۴ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۲ دقیقه شمالی و با ۱۴۳ متر ارتفاع از سطح دریا واقع شده است. شهرستان دزفول از نظر آب و هوایی با میانگین ۲۵۰ میلی‌متر بارش در سال، جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود. به‌منظور تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه، قبل از شروع آزمایش، از عمق ۱۵ تا ۳۰ سانتی‌متری قسمت‌های مختلف خاک مزرعه نمونه برداری انجام شد. نتایج مربوط به تجزیه خاک و اطلاعات اقلیمی محل اجرای آزمایش در جدول ۱ و شکل ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1. Chemical and physical properties of the soil at the experiment site

Year سال	پتاسیم K (mg.kg^{-1})	فسفر P (mg.kg^{-1})	نیتروژن N (%)	هدایت‌الکتریکی EC (dS.m^{-1})	بافت خاک Soil texture	عمق خاک Soil depth (cm)	اسیدیته pH
2021 ۱۴۰۰	149	11	0. 55	1.1	Silty clay loam	15-30	7.79
2022 ۱۴۰۱	221	21	0. 57	2.8	Silty clay loam	15-30	7.35



شکل ۱- دمای حداکثر و حداقل روزانه هوای محل اجرای آزمایش (۱۴۰۰ و ۱۴۰۱)

Fig. 1. Daily maximum and minimum air temperature at the experiment site (2021 and 2022)

در هر دو سال، آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده نواری در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. سه تاریخ کاشت (۱۵ خرداد، ۳۰ خرداد و ۱۴ تیر) به عنوان عامل اصلی اول، سه دور

آبیاری (۸، ۱۳ و ۱۸ روز) به عنوان عامل اصلی دوم و سه رقم کنجد ناشکوفای تجاری جدید (برکت، مهاجر، چمران) و یک رقم شکوفا (شوین) (شاهد) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. بذرهای ارقام کنجد از کشت و صنعت شهید رجائی تهیه شد. ارقام تجاری جدید برکت، مهاجر و چمران دارای ویژگی ناشکوفایی کپسول و عدم ریزش دانه در هنگام رسیدگی کامل هستند (Siahpoosh *et al.*, 2024) و در رقم شوین که به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد، کپسول‌ها شکوفا بوده و دانه‌ها در زمان رسیدگی ریزش دارند. ویژگی‌های ارقام کنجد ناشکوفا و شکوفای مورد استفاده در آزمایش در جدول ۲ ارائه شده است (Siahpoosh *et al.*, 2024). در سال اول آزمایش، در هر سه تاریخ کاشت و دورهای آبیاری، زمان ظهور گل در ارقام ناشکوفا ۳۵ تا ۳۸ روز و در رقم شوین ۴۸ تا ۵۰ روز پس از کاشت متغیر بود و در سال دوم، زمان ظهور گل‌ها در ارقام ناشکوفا ۳۶ تا ۳۸ روز و در رقم شوین ۵۲ تا ۵۸ روز پس از کاشت در نوسان بود. در ارقام ناشکوفا، مقدار ریزش دانه در هنگام رسیدگی کامل کمتر از سه درصد و در رقم شکوفای شوین بیش از ۹۰ درصد است (Siahpoosh *et al.*, 2024). تیمارهای آبیاری پس از استقرار بوته‌ها به‌صورت دور آبیاری در سه سطح شامل ۸، ۱۳ و ۱۸ روز اعمال شدند. پس از آماده‌سازی زمین، کرت‌های آزمایشی به ابعاد ۳ در ۴ متر شامل چهار پشته با فاصله ۷۵ سانتی‌متر و طول چهار متر ایجاد شدند. بذرهای هر رقم پس از ضدعفونی و مخلوط کردن با ماسه، به‌صورت دستی در دو ردیف کاشت روی هر پشته با فاصله ۳۰ سانتی‌متر روی هر پشته در عمق دو تا سه سانتی‌متری کاشته شدند. فاصله ردیف‌های کاشت کناری دو پشته از یکدیگر نیز ۴۵ سانتی‌متر بود. برای جلوگیری از نشت رطوبت بین کرت‌های اصلی، فاصله بین سطوح کم‌آبیاری سه متر (سه پشته بدون کاشت) و فاصله بین بلوک‌ها چهار متر در نظر گرفته شد. براساس نتایج آزمون خاک (جدول ۱)، در سال اول آزمایش ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفر از منبع سوپرفسفات تریپل و ۱۵۰ کیلوگرم کود پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم قبل از کاشت و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره در دو نوبت به صورت کود پایه همزمان با کاشت و کود سرک در مرحله ۸ تا ۱۰ برگی بوته‌ها به خاک مزرعه افزوده شدند. در سال دوم آزمایش نیز ۵۰ کیلوگرم کود پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم قبل از کاشت و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره به شیوه سال اول به خاک مزرعه اضافه شدند. بذر ارقام کنجد بر اساس قوه نامیه و وزن هزار دانه محاسبه و کاشته شدند و پس از سبز شدن، تنک در مرحله ۳ تا ۴ برگی گیاهچه‌ها برای دستیابی به تراکم ۵۰ بوته در مترمربع انجام شد. آبیاری مزرعه مطابق با نوع تیمار آبیاری به‌صورت نشتی و وجین علف‌های‌هرز و سم‌پاشی برای مبارزه با آفات و بیماری‌ها انجام شد. برای مبارزه با آفات، در اوایل مرحله رویشی از سم دسیس به‌میزان ۱/۵ در هزار و در مرحله قبل از تشکیل کپسول از سم پروفنفوس به‌میزان ۲ در هزار استفاده شد. در هر دو سال آزمایش، صفات مورفولوژیک و عملکردی به صورت یکسان اندازه‌گیری شدند. قبل از برداشت محصول، از هر واحد آزمایشی ۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و ارتفاع بوته و اجزای عملکرد دانه شامل تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شدند. برای تعیین عملکرد دانه، در پایان فصل رشد و رسیدگی کامل دانه‌ها در ارقام ناشکوفا، پس از حذف دو ردیف کاشت از دو طرف و نیم متر از بالا و پایین هر کرت آزمایشی از سطحی معادل چهار مترمربع، بوته‌ها برداشت و پس از نگهداری در انبار به‌مدت دو تا سه هفته و رسیدن رطوبت دانه به حدود هفت درصد خشکانده شدند. ابتدا ماده خشک نمونه‌ها توزین شد و پس از جدا کردن دانه‌ها و توزین دانه‌ها، عملکرد دانه و شاخص برداشت محاسبه شدند. برداشت رقم شوین نیز به‌دلیل ویژگی شکوفایی کپسول و به‌منظور جلوگیری از ریزش دانه‌ها، قبل از رسیدگی فیزیولوژیک انجام شد. محتوای روغن دانه با استفاده از حلال اتر و با روش سوکسله (FOSS, Model SOCCET 2050)

اندازه‌گیری شد. عملکرد روغن از حاصل ضرب عملکرد دانه و محتوای روغن محاسبه شد. قبل از انجام محاسبات آماری، آزمون نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک انجام و برای صفاتی که نرمال نبودند، تبدیل داده انجام شد. با توجه به معنی‌دار شدن آزمون بارتلت برای اکثر صفات، داده‌های دو سال آزمایشی به‌صورت مجزا تجزیه شدند. تجزیه داده‌ها با استفاده از برنامه آماری SAS ver 9.4 انجام شد.

جدول ۲- ویژگی‌های ارقام کنجد مورد استفاده در آزمایش

Table 2. Characteristics of sesame cultivars used in the experiment

ارقام کنجد Sesame cultivars	نوع شکوفایی Dehiscence	رسیدگی Maturity	تیپ رشدی Growth type	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه‌های فرعی Number of branches
برکت Barkat	ناشکوفا Indehiscence	زودرس Early	نامحدود Indeterminate	متوسط Medium	متوسط Medium
مهاجر Mohajer	ناشکوفا Indehiscence	متوسطرس Medium	نامحدود Indeterminate	متوسط Medium	فاقد یا کم Absent or few
چمران Chamran	ناشکوفا Indehiscence	زودرس Early	نامحدود Indeterminate	متوسط Medium	زیاد Many
شوین Schewin	شکوفا Dehiscence	دیررس Late	نامحدود Indeterminate	بلند Long	تک‌شاخه Single

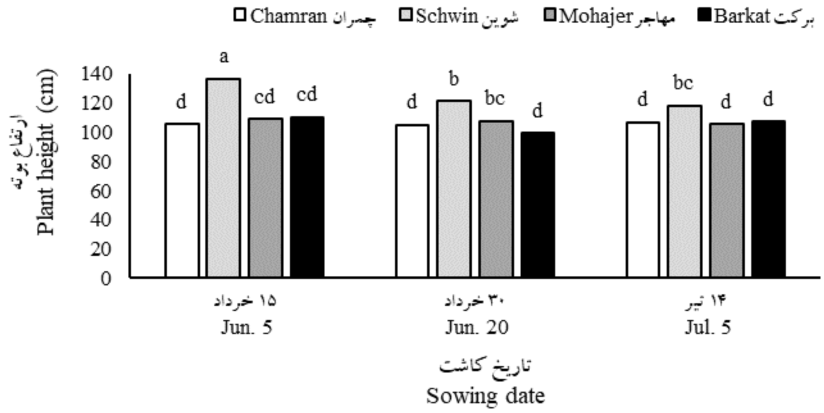
نتایج و بحث

ارتفاع بوته در کنجد یکی از صفات مهم و تأثیرگذار بر عملکرد دانه در برداشت ماشینی محسوب می‌شود. در سال اول آزمایش، ارتفاع بوته تنها تحت تاثیر دور آبیاری و رقم قرار گرفت. ارتفاع بوته ارقام کنجد در دور آبیاری ۸ و ۱۳ روز تفاوت معنی‌داری نداشتند، ولی با افزایش دور آبیاری به ۱۸ روز، ارتفاع بوته نه درصد کاهش یافت. بیشترین ارتفاع بوته مربوط به رقم شوین (۱۷۲/۷ سانتی‌متر) بود، ولی بین سایر ارقام تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). در سال دوم آزمایش، برهمکنش تیمارهای تاریخ کاشت و رقم و اثر اصلی تیمارهای دور آبیاری در سطح یک درصد اثر معنی‌داری بر ارتفاع بوته داشتند. ارتفاع بوته در دور آبیاری ۸ روز ۱۱۷ سانتی‌متر بود که به‌ترتیب برتری معنی‌دار ۶ و ۱۰ درصدی نسبت به دور آبیاری ۱۳ و ۱۸ روز داشت (جدول ۳). مقایسه میانگین برهمکنش تاریخ کاشت و رقم نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته (۱۳۶/۸ سانتی‌متر) مربوط به رقم شوین در تاریخ کاشت ۱۵ خرداد و کمترین مقدار آن (۹۹/۶ سانتی‌متر) مربوط به رقم برکت در تاریخ کاشت ۳۰ خرداد بود (شکل ۲). به‌نظر می‌رسد که تاخیر در کاشت، به ویژه تاریخ کاشت ۱۴ تیر، باعث تسریع در ورود به مرحله زایشی شده و گیاه فرصت کافی برای فتوسنتز و تخصیص کافی مواد فتوسنتزی به بخش‌های رویشی را نداشته و ارتفاع آن تا حدودی کاهش یافته است. نتایج نشان داد که در هر دو سال، رقم شوین بیشترین ارتفاع بوته را داشت. نتایج یک آزمایش نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی ارتفاع بوته کنجد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. کاهش ارتفاع بوته در شرایط تنش خشکی ناشی از کاهش فشار آماس و متعاقب آن کاهش تقسیمات سلولی و کاهش اندازه سلول‌ها است (Momeni *et al.*, 2020). گزارش شده است که تنش خشکی از طریق تاثیر بر توسعه ریشه، تعداد و اندازه برگ‌ها، ارتفاع بوته و زیست توده، باعث کاهش رشد گیاه کنجد می‌شود (Jian *et al.*, 2010). بر اساس نتایج یک آزمایش، با کاهش مقدار آب آبیاری پس از مرحله گلدهی، ارتفاع بوته کنجد کاهش یافت (Mehrabizadeh and Ehsanzadeh, 2012). یافته‌های سایر پژوهشگران نیز نشان داده است که با افزایش دور آبیاری ارتفاع بوته کنجد کاهش می‌یابد

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات گیاهی ارقام کنجد در تیمارهای تاریخ کاشت و دور آبیاری

Table 3. Mean comparison of plant traits of sesame cultivars in sowing date and irrigation interval treatments

Treatments	تیمارهای آزمایشی	ارتفاع بوته Plant height (cm)		تعداد کپسول در بوته No. capsule.plant^{-1}		تعداد دانه در کپسول No. seed.capsule^{-1}		وزن هزار دانه 1000 seed weight (g)		شاخص برداشت Harvest index (%)		محتوای روغن دانه Seed oil content (%)		عملکرد روغن Oil yield (kg.ha^{-1})	
Irrigation intervals	دور آبیاری	۱۴۰۰ 2021	۱۴۰۱ 2022	۱۴۰۰ 2021	۱۴۰۱ 2022	۱۴۰۰ 2021	۱۴۰۱ 2022	۱۴۰۰ 2021	۱۴۰۱ 2022	۱۴۰۰ 2021	۱۴۰۱ 2022	۱۴۰۰ 2021	۱۴۰۱ 2022	۱۴۰۰ 2021	۱۴۰۱ 2022
8 days	۸ روز	154.7a	117.2a	46.5a	36.7a	45.4a	48.1a	2.83a	2.78a	9.8ab	14.8a	47.9a	47.8a	519a	521a
13 days	۱۳ روز	154.7a	110.6a	47.8a	34.4a	45.6a	46.5a	2.86a	2.76a	10.9a	16.0a	47.8a	47.1a	450b	482a
18 days	۱۸ روز	140.2b	105.8a	47.8a	33.3a	44.4a	45.9a	2.79a	2.70a	9.2b	13.4a	45.9b	45.2b	321c	368b
Sowing date	تاریخ کاشت														
Jun. 5	۱۵ خرداد	151.5a	115.5a	52.3a	36.5a	42.9b	44.3a	2.72b	2.67b	10.6a	11.5b	47.0b	47.2a	466a	474a
Jun. 20	۳۰ خرداد	150.2a	108.5a	46.3ab	35.3ab	45.1a	47.6a	2.84ab	2.72a	10.4a	15.4a	48.6a	46.7a	438ab	456ab
Jul. 5	۱۴ تیر	147.9a	109.5a	43.5b	32.7b	47.4a	48.6a	2.92a	2.84a	8.5b	17.4a	46.1c	46.2a	385b	441b
Sesame cultivars	ارقام کنجد														
Chamran	چمران	135.6b	106.0b	33.0b	30.5c	43.3b	48.3a	2.79b	2.40c	12.3a	17.8a	45.9c	45.6c	367b	440c
Schwin	شوین	172.7a	125.6a	78.2a	43.1a	44.7ab	42.7b	3.06a	3.40a	5.3c	4.4b	47.9a	51.1a	312c	356d
Mohajer	مهاجر	146.3b	107.5b	39.6b	35.4b	49.5a	47.9ab	2.80b	2.40c	11.6ab	17.4a	46.9b	42.9d	530a	493b
Barkat	برکت	144.9b	105.7b	38.6b	30.4c	43.0b	48.4a	2.67b	2.80b	10.4b	19.4a	48.2a	47.3b	510a	540a



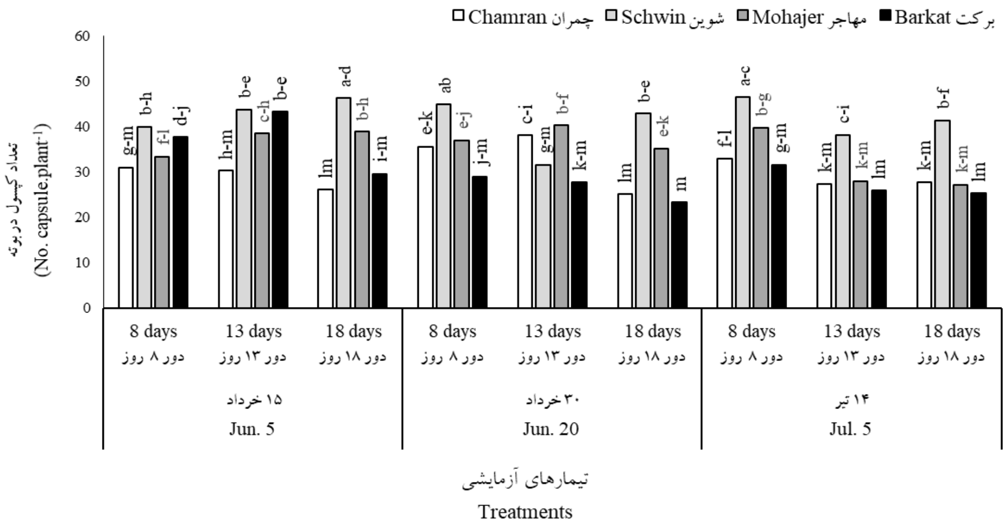
شکل ۲- مقایسه میانگین ارتفاع بوته ارقام کنجد در تیمارهای تاریخ کاشت (۱۴۰۱)

Fig. 2. Mean comparison of plant height of sesame cultivars in sowing date treatments (2022)

(Rezvani Moghaddam *et al.*, 2005). با وجود این که ارتفاع بوته بیشتر تحت تاثیر ویژگی‌های ژنتیکی گیاه است، اما به نظر می‌رسد که تنش آبی باعث ایجاد رقابت بین بوته‌ها برای جذب آب و کاهش تخصیص مواد فتوسنتزی به ساقه و کاهش ارتفاع بوته می‌شود.

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، در سال اول آزمایش، تعداد کپسول در بوته تنها تحت تأثیر اثر اصلی تاریخ کاشت در سطح احتمال پنج درصد و رقم در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت. در تاریخ کاشت ۱۵ خرداد، تعداد کپسول در بوته ۵۲/۳ عدد بود که با تاریخ کاشت ۳۰ خرداد (۴۶/۳ کپسول) تفاوت معنی‌داری نداشت، ولی نسبت به تاریخ کاشت ۱۴ تیر (۴۳/۵ کپسول) برتری معنی‌داری داشت. در بین ارقام کنجد نیز رقم شوین بیشترین تعداد کپسول در بوته (۷۸/۲ کپسول) را داشت و بین سایر ارقام، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). در سال دوم آزمایش، برهمکنش تاریخ کاشت، دور آبیاری و رقم بر تعداد کپسول در بوته در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. بیشترین تعداد کپسول در بوته (۵۳ کپسول) مربوط به رقم شوین در تاریخ کاشت ۳۰ خرداد و دور آبیاری ۱۸ روز بود که تفاوت معنی‌داری با تاریخ کشت ۳۰ خرداد و دور آبیاری ۸ روز (۴۷ کپسول) و تاریخ کاشت ۱۵ خرداد دور آبیاری ۱۸ روز (۴۶ کپسول) نداشت. کمترین تعداد کپسول در بوته نیز مربوط به رقم برکت در دور آبیاری ۱۸ روز در دو تاریخ کاشت ۳۰ خرداد و ۱۴ تیر (به‌ترتیب ۲۳ و ۲۵ کپسول) بود (شکل ۳). تعداد بالای کپسول در بوته رقم شوین به دوره رشد طولانی‌تر و دیررس بودن آن و سازگاری به شرایط مختلف محیطی از طریق قابلیت بالای تولید کپسول نسبت داده می‌شود. اگرچه در تاریخ کاشت ۱۵ تیر، دوره گلدهی تا شروع کپسول‌دهی ارقام ناشکوفا مصادف با کاهش دما و هوای نسبتاً مرطوب اوایل شهریور مصادف بود (شکل ۱)، به‌نظر می‌رسد که تاخیر در کاشت ارقام ناشکوفا از ۱۵ خرداد به ۱۴ تیر در اثر کوتاه شدن طول دوره رشد رویشی و ورود سریع‌تر به مرحله گلدهی، باعث کاهش طول دوره گلدهی و کاهش تعداد کپسول در بوته، به ویژه در رقم برکت و مهاجر شده است. کاهش تعداد کپسول در بوته در دور آبیاری ۱۸ روز به مراتب بیشتر از دورهای آبیاری ۸ و ۱۳ روز بود. به عبارت دیگر کاهش آب قابل دسترس خاک طی دوره رویشی و زایشی گیاه، باعث کاهش طول دوره رشد و تولید گل و افزایش ریزش گل‌ها شده و تبدیل گل به کپسول در ساقهٔ اصلی کاهش یافته است. در این راستا، گزارش شده است که تنش خشکی در مرحله گلدهی باعث کاهش ۶۲ درصدی و در مرحله کپسول‌دهی باعث کاهش هشت درصدی تعداد کپسول در بوته، در مقایسه با شرایط بدون تنش شد (Farahbakhsh and Farahbakhsh, 2014).

همچنین گزارش شده است که با افزایش دور آبیاری تعداد کپسول در بوته کنجد کاهش یافت (Rezvani Moghaddam et al., 2005). در آزمایش حاضر در کاشت زودهنگام (۱۵ خرداد) به علت شرایط دمایی مناسب‌تر و افزایش تعداد روز تا گلدهی و ظهور کپسول و وجود فرصت کافی برای تکمیل دوره رشد رویشی، مواد فتوسنتزی بیشتری به اندام‌های زایشی تخصیص یافته و در نتیجه شرایط افزایش تعداد کپسول در بوته فراهم شده است. نتایج پژوهش حاضر با نتایج آزمایش‌های پیشین مبنی بر کاهش معنی‌دار تعداد کپسول در بوته در ارقام کنجد با تاخیر در کاشت، مطابقت دارد (Hojabri Dughezlo *et al.*, 2014).

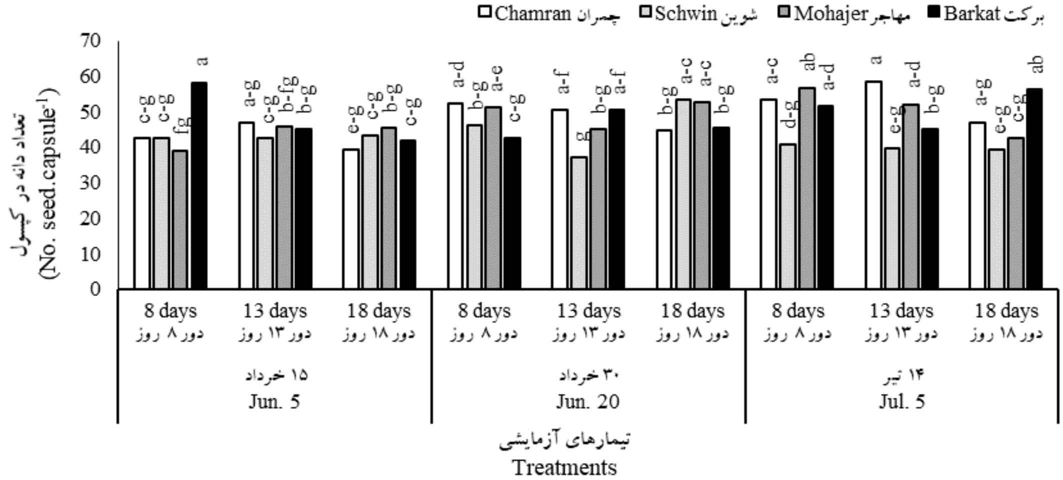


شکل ۳- مقایسه میانگین تعداد کپسول در بوته ارقام کنجد در برهمکنش تیمارهای تاریخ کاشت و دور آبیاری (۱۴۰۱)

Fig. 3. Mean comparison of capsule.plant^{-1} of sesame cultivars in interaction of sowing date and irrigation interval treatments (2022)

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در سال اول آزمایش، تفاوت بین ارقام کنجد تنها از نظر تعداد دانه در کپسول در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. ارقام مهاجر و شوین تعداد دانه در کپسول بیشتری نسبت به دو رقم دیگر داشتند (به‌ترتیب ۴۹/۶ و ۴۴/۷ دانه در کپسول) (جدول ۳). در سال دوم آزمایش، برهمکنش تاریخ کاشت، دور آبیاری و رقم از نظر تعداد دانه در کپسول در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. بیشترین تعداد دانه در کپسول مربوط به رقم چمران در تاریخ کاشت ۱۴ تیر و دور آبیاری ۱۳ روز (۵۸/۶ دانه) و رقم برکت در تاریخ کاشت ۱۵ خرداد و دور آبیاری ۸ روز (۵۸/۱ دانه) بود. رقم شوین نیز در بیشتر سطوح تیماری تعداد دانه در کپسول کمتری داشت (شکل ۴). رقم شوین در مقایسه با سایر ارقام دارای تعداد کپسول در بوته بیشتری بوده، ولی به‌دلیل اثر جبرانی اجزای عملکرد، میانگین تعداد دانه در کپسول آن تا حدودی کاهش داشت. اثر تاریخ کاشت بر تغییرات تعداد دانه در کپسول ارقام کنجد توسط هژبری دوقوزلو و همکاران (Hojabri Dughezlo *et al.*, 2014) نیز گزارش شده است. به نظر می‌رسد که دمای هوا پس از دوره کپسول‌دهی و در زمان تشکیل دانه، نقش مهمی در تعیین تعداد دانه در کپسول ارقام کنجد در واکنش به تغییر تاریخ کاشت داشت. در سال دوم در کاشت زودهنگام (۱۵ خرداد) به‌دلیل مصادف شدن دوره تشکیل کپسول و پرشدن دانه با دماهای بالای اوایل

مرداد (شکل ۱)، تعداد دانه در کپسول در مقایسه با تعداد کپسول کاهش بیشتری داشت (شکل‌های ۳ و ۴). تیمارهای آبیاری از نظر تعداد دانه در کپسول تفاوت قابل ملاحظه‌ای نداشتند. به نظر می‌رسد که تاثیرپذیری تعداد دانه در کپسول از دور آبیاری به مراتب کمتر از تعداد کپسول در بوته باشد و اثر نامطلوب تنش رطوبتی ناشی از افزایش دور آبیاری بر عملکرد دانه عمدتا به‌دلیل کاهش تعداد کپسول در بوته بوده است. در نتایج سایر تحقیقات نیز گزارش شده است که در کنجد تفاوت معنی‌داری از نظر تعداد دانه در کپسول در شرایط بدون تنش و تنش خشکی وجود نداشت (Asadi *et al.*, 2020; Farahbakhsh and Farahbakhsh, 2014). البته در برخی از آزمایش‌ها روی گیاه کنجد گزارش شده است که با افزایش دور آبیاری، تعداد دانه در کپسول کاهش می‌یابد (Mehrabizadeh and Ehsanzadeh, 2012). بر اساس نتایج دو ساله آزمایش در کاشت زودهنگام (۱۵ خرداد) در مقایسه با ۳۰ تیر، تعداد دانه در کپسول به دلیل مصادف شدن دوره پرشدن دانه با دماهای بالای اوایل مرداد در بیشتر ارقام کنجد کاهش یافت، اگرچه تعداد کپسول در بوته در کاشت زودهنگام (۱۵ خرداد) بیشتر بود. تعداد دانه در کپسول ارقام کنجد در تاریخ‌های کاشت نیز متفاوت بود که این موضوع نشان دهنده تاثیرپذیری تعداد دانه در کپسول از ژنتیک گیاه و شرایط محیطی می‌باشد (جدول ۳).



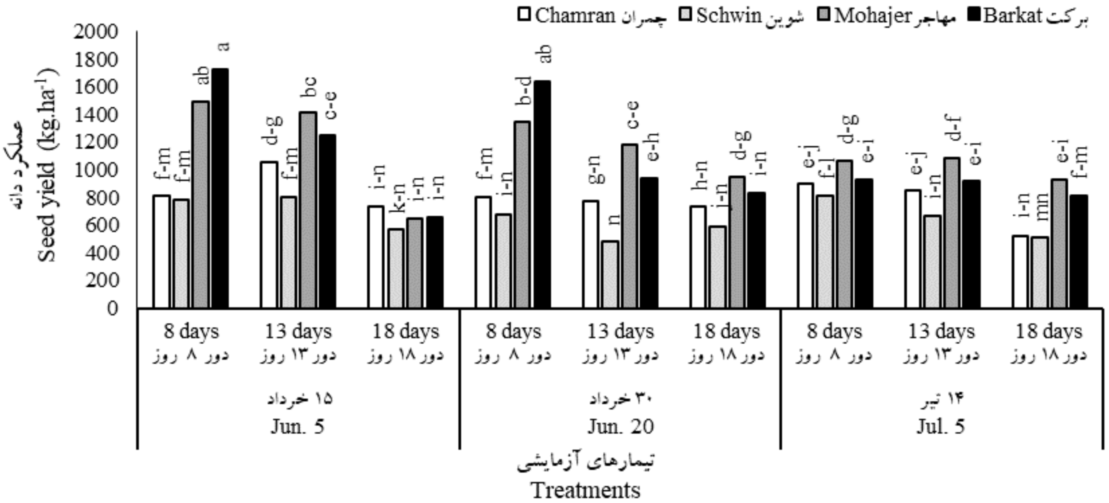
شکل ۴- مقایسه میانگین تعداد دانه در کپسول ارقام کنجد در برهمکنش تیمارهای تاریخ کاشت و دور آبیاری (۱۴۰۱)

Fig. 4. Mean comparison of seed.capsule^{-1} of sesame cultivars in interaction of sowing date and irrigation interval treatments (2022)

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، در سال اول آزمایش، اثر تیمارهای تاریخ کاشت و رقم بر وزن هزار دانه ارقام کنجد در سطح یک درصد معنی‌دار بود. میانگین وزن هزار دانه در تاریخ کاشت ۱۵ خرداد ۲/۷۲ گرم بود در تاریخ‌های کاشت ۳۰ خرداد و ۱۴ تیر به‌ترتیب به ۲/۸۴ و ۲/۹۲ گرم افزایش یافت. رقم شوین، دارای وزن هزار دانه بالاتری (۳/۰۶ گرم) نسبت سایر ارقام بود (جدول ۳). با توجه به اینکه تعداد کپسول در بوته در تاریخ کاشت ۳۰ خرداد و ۱۴ تیر نسبت به تاریخ کاشت ۱۵ خرداد تاحدودی کمتر و به عبارتی تعداد مخازن فیزیولوژیک در گیاه محدود بود، علیرغم تغییر معنی‌دار در تعداد دانه در کپسول در یک فرآیند فیزیولوژیک تعادلی، مواد فتوسنتزی بیشتری در اختیار دانه‌های هر کپسول قرار گرفته و در نتیجه وزن هزار

دانه آن‌ها افزایش یافته است. در سال دوم آزمایش نیز رقم شوین بیشترین (۳/۴ گرم) و ارقام چمران و مهاجر کمترین (۲/۴ گرم) وزن هزار دانه را داشتند (جدول ۳). بر اساس نتایج دو ساله آزمایش، اثر تیمارهای آزمایشی، به‌ویژه دور آبیاری، بر وزن هزار دانه معنی‌دار نبودند. این موضوع با یافته‌های سایر محققان مطابقت داشت (Mehrabizadeh and Ehsanzadeh, 2012; Farahbakhsh and Farahbakhsh, 2014). رقم شوین دارای بیشترین وزن هزار دانه بود که نشان دهنده پتانسیل بالای آن در افزایش وزن دانه است. در ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد تعدادی از اکوتیپ‌های کنجد رایج در استان خراسان نیز گزارش شد که از نظر وزن هزار دانه بین اکوتیپ‌های کنجد تفاوت معنی‌داری وجود نداشت و وزن هزار دانه در ۵۰ درصد اکوتیپ‌ها بیش از ۲/۵ گرم بود (Nezami *et al.*, 2014). وزن هزار دانه با ثبات‌ترین جزء عملکرد است که از وراثت‌پذیری بالایی برخوردار بوده و کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد. نتایج سایر تحقیقات روی گیاه کنجد نشان داده است که افزایش دور آبیاری تاثیر چندانی بر وزن هزار دانه نداشته است (Rezvani Moghaddam *et al.*, 2005).

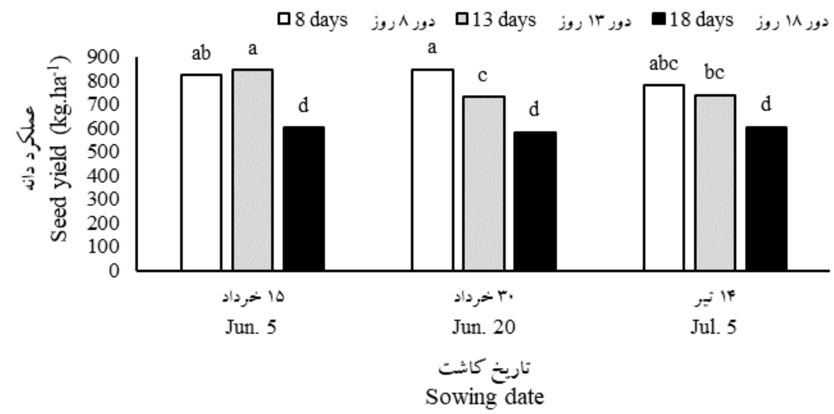
بر اساس نتایج تجزیه و اریانس، در سال اول آزمایش، برهمکنش تاریخ کاشت، دور آبیاری و رقم بر عملکرد دانه ارقام کنجد معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد دانه مربوط به رقم برکت در تاریخ کاشت ۱۵ خرداد و دور آبیاری ۸ روز (۱۷۳۰ کیلوگرم در هکتار) بود که البته با عملکرد آن در تاریخ کاشت ۳۰ خرداد (۱۶۳۹ کیلوگرم در هکتار) تفاوت معنی‌داری نداشت. تاخیر در کاشت از ۱۵ خرداد به ۳۰ خرداد و ۱۵ تیر باعث کوتاه شدن طول دوره رشد ارقام کنجد در هر دو تاریخ کاشت (به‌ترتیب ۴ و ۸ روز) شد (داده‌ها نشان داده نشده است). کمترین عملکرد دانه مربوط به رقم شوین در بیشتر تیمارهای تاریخ کاشت و آبیاری بود (شکل ۵). میزان کاهش عملکرد ناشی از تأخیر درکاشت در ارقام کنجد یکسان نبوده و به‌نظر می‌رسد که عملکرد مطلوب در تاریخ کاشت ۱۵ خرداد و دور آبیاری ۸ روز، به دلیل استفاده بهینهٔ گیاه از شرایط مطلوب محیطی وتکمیل چرخه زندگی و عدم مصادف شدن آن با شرایط نامساعد محیطی در مراحل نهایی رشد بوده است.



شکل ۵- مقایسه میانگین عملکرد دانه ارقام کنجد در برهمکنش تیمارهای تاریخ کاشت و دور آبیاری (۱۴۰۰)

Fig. 5. Mean comparison of seed yield of sesame cultivars in interaction of sowing date and irrigation interval treatments (2021)

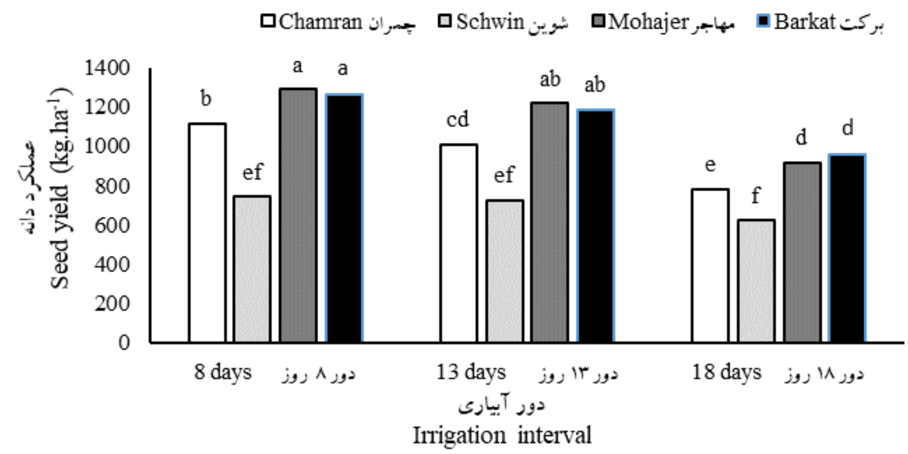
در سال دوم آزمایش، میانگین عملکرد دانه ارقام کنجد در تاریخ کاشت ۱۵ خرداد و دورهای آبیاری ۸ و ۱۳ روز در (به‌ترتیب ۸۲۱ و ۸۴۳ کیلوگرم در هکتار)، در تاریخ کاشت ۳۰ خرداد و دور آبیاری ۸ روز (۸۴۶ کیلوگرم در هکتار) و در تاریخ کاشت ۱۴ تیر و دور آبیاری ۸ روز (۷۷۹ کیلوگرم در هکتار) تفاوت معنی‌داری نداشتند. در مقابل با افزایش دور آبیاری به ۱۸ روز، میانگین عملکرد دانه کاهش یافت و کمترین عملکرد دانه در هر سه تاریخ کاشت مربوط به دور آبیاری ۱۸ روز بود (شکل ۶).



شکل ۶- مقایسه میانگین عملکرد دانه ارقام کنجد در تیمارهای تاریخ کاشت و دور آبیاری (۱۴۰۱)

Fig. 6. Mean comparison of seed yield of sesame cultivars in sowing date and irrigation interval treatments (2022)

مقایسه میانگین عملکرد دانه در برهمکنش دور آبیاری و رقم نیز نشان داد که عملکرد دانه ارقام مهاجر و برکت در دور آبیاری ۸ و ۱۳ روز تفاوت معنی‌داری نداشتند، اما نسبت به سایر تیمارهای آزمایشی میانگین بالاتری داشتند. کمترین عملکرد دانه مربوط به رقم شوین در هر سه دور آبیاری بود که از این نظر با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت (شکل ۷).



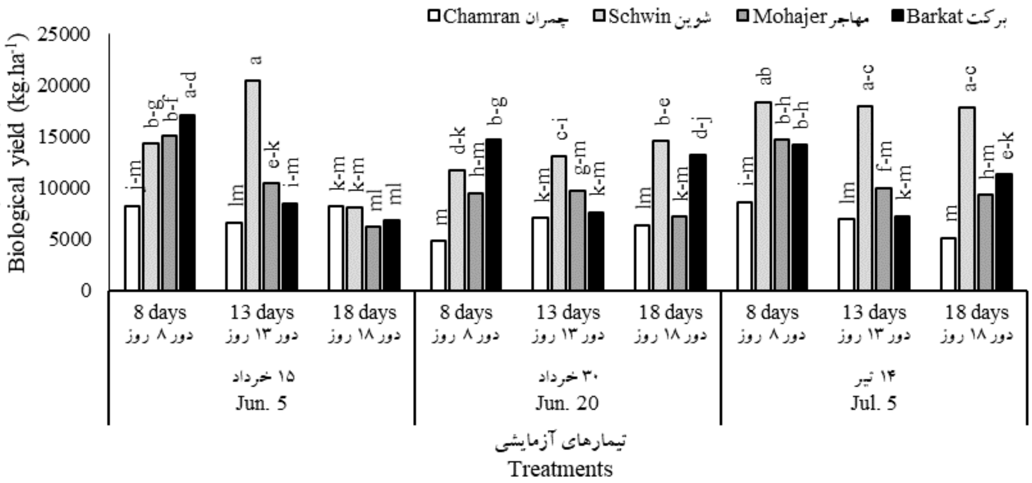
شکل ۷- مقایسه میانگین عملکرد دانه ارقام کنجد در تیمارهای دور آبیاری (۱۴۰۱)

Fig. 7. Mean comparison of seed yield of sesame cultivars in irrigation interval treatments (2022)

نتایج دو ساله آزمایش نشان دهنده برتری معنی‌دار ارقام کنجد ناشکوفا نسبت به رقم محلی شوین بود که می‌تواند دستاورد مهم این پژوهش باشد. در ارقام ناشکوفا علاوه بر برتری عملکرد دانه، به‌دلیل ناشکوفا بودن کپسول، امکان برداشت ماشینی نیز فراهم می‌شود. با این وجود نتایج نشان داد که تاریخ کاشت مناسب و دور آبیاری مطلوب می‌تواند در میزان عملکرد دانه نقش داشته باشند. بر این اساس افزایش فواصل آبیاری از ۸ به ۱۳ روز در بیشتر موارد باعث تفاوت معنی‌داری نشد، ولی از ۱۳ به ۱۸ روز، در هر دو سال آزمایش، عملکرد دانه کاهش یافت. اگرچه احتمال می‌رود که تاخیر در کاشت و افزایش دور آبیاری، از طریق کاهش توان فتوسنتزی گیاه و کوتاه شدن دوره رشد گیاه، باعث کاهش سرعت انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها و کاهش عملکرد دانه شود. با این حال، در دور آبیاری ۱۳ روز، به‌دلیل صرفه‌جویی در مصرف آب با حداقل کاهش در عملکرد دانه، می‌تواند در شرایط محدودیت آب در کشت تابستانه کنجد قابل توصیه باشد.

بر اساس نتایج دو سال آزمایش، تاریخ کشت بین ۱۵ تا ۳۰ خرداد به عنوان تاریخ کاشت بهینه و دور آبیاری ۸ تا ۱۳ روز به عنوان دور آبیاری مناسب و ارقام برکت و مهاجر به عنوان ارقام برتر برای تولید پایدار کنجد در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری قابل توصیه هستند. نتایج سایر آزمایش‌ها روی گیاه کنجد نیز نشان داده است که که با افزایش فواصل آبیاری، عملکرد دانه کنجد کاهش می‌یابد (Mehrabizadeh and Ehsanzadeh, 2012).

نتایج نشان داد که در سال اول آزمایش، در کلیه سطوح تیماری، رقم شوین دارای زیست‌توده بالاتری بود. که رقم شوین در تاریخ کاشت ۱۵ خرداد و دور آبیاری ۱۳ روز بیشترین زیست‌توده (۲۰۴۱۸ کیلوگرم در هکتار) را داشت که البته با تاریخ کاشت ۱۴ تیر در هر سه دور ۸، ۱۳ و ۱۸ روز آبیاری تفاوت معنی‌داری نداشت. در کلیه سطوح تاریخ کاشت و آبیاری، رقم چمران کمترین زیست‌توده را داشت (شکل ۸).

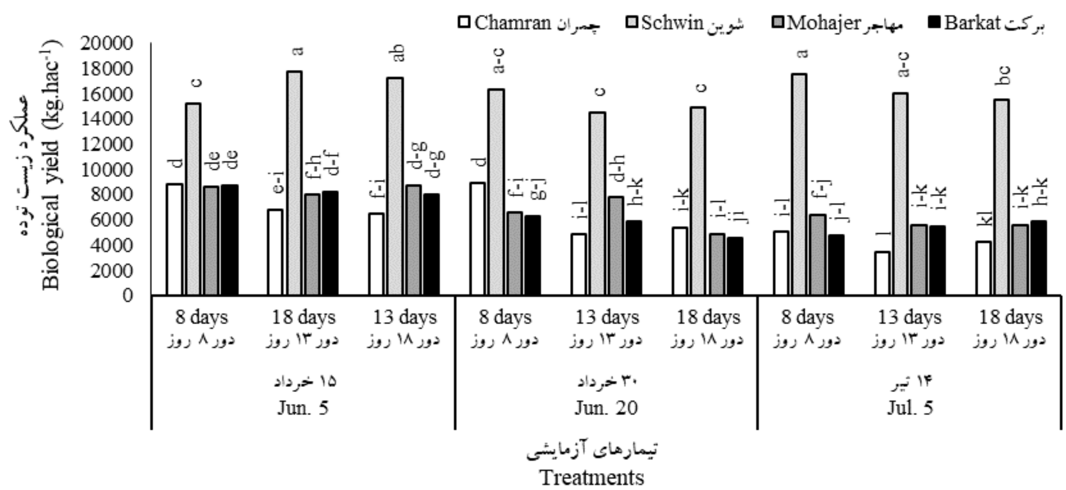


شکل ۸- مقایسه میانگین زیست‌توده ارقام کنجد در برهمکنش تیمارهای تاریخ کاشت و آبیاری (۱۴۰۰)

Fig. 8. Mean comparison of biological yield of sesame cultivars in interaction of sowing date and irrigation interval treatments (2021)

در سال دوم آزمایش، بیشترین مقدار زیست‌توده مربوط به رقم شوین در تاریخ کاشت ۱۵ خرداد و دور

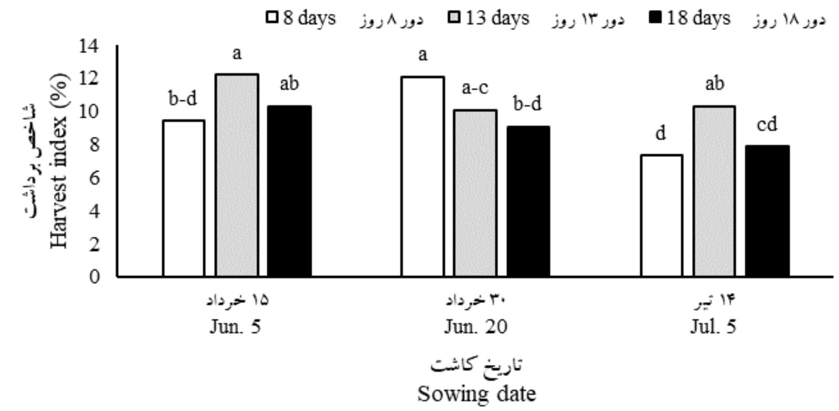
آبیاری ۱۳ روز (۱۷۷۴۵ کیلوگرم در هکتار) بود. رقم چمران در بیشتر سطوح تیماری دارای زیست‌توده کمتری بود (شکل ۸). در هر دو سال آزمایش، رقم شوین دارای بیشترین مقدار زیست‌توده بود (شکل ۹). به نظر می‌رسد با کاهش پتانسیل آب خاک، پتانسیل آب گیاه، پتانسیل فشاری لازم برای تقسیم و توسعه سلول فراهم نمی‌شود. در شرایط تنش آب، با کاهش هدایت روزنه‌ای، ورود دی‌اکسیدکربن به داخل روزنه‌ها نیز کاهش یافته و سرعت انتقال مواد فتوسنتزی به برگ‌ها کاهش یافته و باعث زوال برگ‌ها بیش از سرعت توسعه آن‌ها شده و مقدار کربوهیدرات ذخیره‌ای گیاه نسبت به سطح برگ، کاهش می‌یابد، اما مقدار کربوهیدرات مورد نیاز برای ادامه رشد و توسعه گیاه افزایش می‌یابد. به علاوه با توجه به اینکه در شرایط تنش تخصیص موادغذایی به ریشه نسبت به ساقه نیز افزایش می‌یابد، کربوهیدرات‌های مورد نیاز برای ادامه رشد کل گیاه فراهم نمی‌شود، در نتیجه وزن خشک اندام هوایی گیاه کاهش می‌یابد (Sharifi and Mohammadkhani, 2016). گزارش شده است که با افزایش شدت تنش خشکی تعداد برگ در بوته، ارتفاع بوته، عملکرد دانه و زیست توده کاهش می‌یابد (Eskandari *et al.*, 2010). علت کاهش زیست توده به کاهش شاخص سطح برگ در شرایط تنش خشکی نسبت داد شده است که باعث کاهش جذب تابش در جامعه گیاهی و کاهش ماده خشک گیاه می‌شود (Eskandari et al., 2010; Mehrabizadeh and Ehsanzadeh, 2012).



شکل ۹- مقایسه میانگین عملکرد زیست‌توده ارقام کنجد در برهمکنش تیمارهای تاریخ کاشت و دور آبیاری (۱۴۰۱)

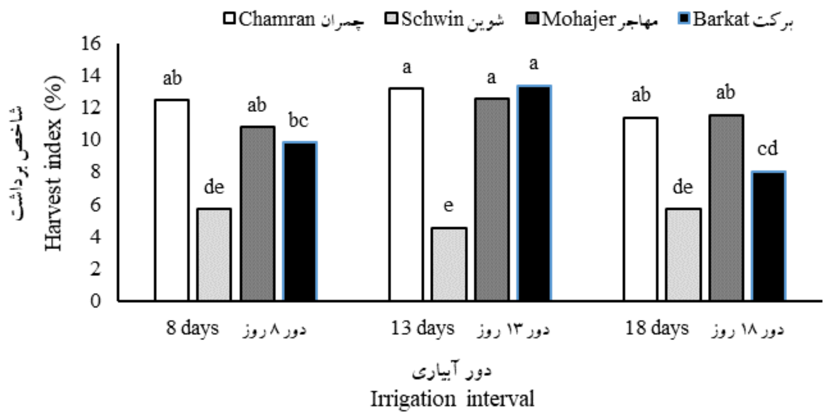
Fig. 9. Mean comparison of biological yield of sesame cultivars in interaction of sowing date and irrigation interval treatments (2022)

نتایج نشان داد که در سال اول آزمایش شاخص برداشت ارقام کنجد در تاریخ کاشت ۱۵ خرداد و دورهای آبیاری ۱۳ و ۱۸ روز، تاریخ کاشت ۳۰ خرداد و دور آبیاری ۱۳ روز و تاریخ کاشت ۱۴ تیر تفاوت معنی‌داری نداشت و میانگین بالاتری نسبت به سایر سطوح تیماری داشتند (شکل ۱۰). مقایسه میانگین شاخص برداشت ارقام کنجد در برهمکنش آبیاری و رقم نیز نشان داد که بین ارقام چمران، مهاجر و برکت در هرسه دور آبیاری تفاوت معنی‌داری وجود نداشت و دارای میانگین بالاتری نسبت به رقم شوین در هر سه دور آبیاری بودند (شکل ۱۱).



شکل ۱۰- مقایسه میانگین شاخص برداشت ارقام کنجد در تیمارهای تاریخ کاشت و دور آبیاری (۱۴۰۰)

Fig. 10. Mean comparison of harvest index of sesame cultivars in sowing date and irrigation interval treatments (2021)

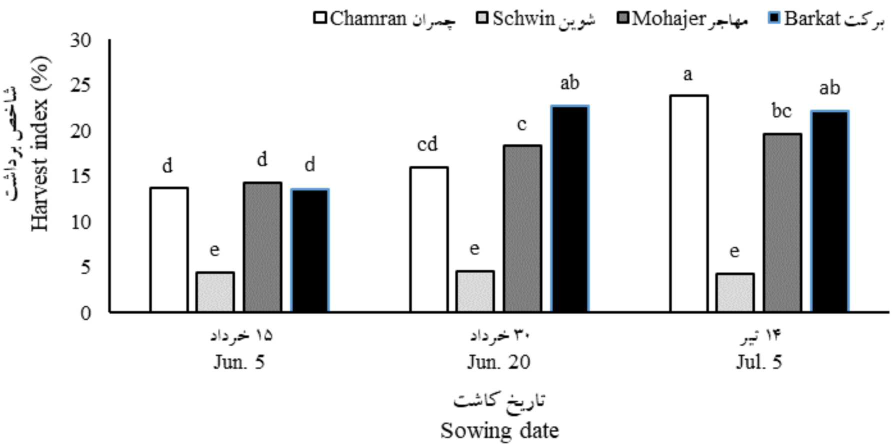


شکل ۱۱- مقایسه میانگین شاخص برداشت ارقام کنجد در تیمارهای دور آبیاری (۱۴۰۰)

Fig. 11. Mean comparison of harvest index of sesame cultivars in irrigation interval treatments (2021)

در سال دوم آزمایش رقم برکت در تاریخ کاشت‌های ۳۰ خرداد و ۱۴ تیر بیشترین مقدار شاخص برداشت را داشت. کمترین مقدار شاخص برداشت نیز مربوط به رقم شوین در هر سه تاریخ کاشت بود (شکل ۱۲). گزارش شده است که شاخص برداشت ژنوتیپ‌های کنجد در شرایط کمبود آب کاهش یافت (Asadi *et al.*, 2020). نتایج نشان داد که شاخص برداشت با افزایش فواصل آبیاری از ۸ به ۱۸ روز تغییر معنی‌داری نداشت، ولی با افزایش دور آبیاری به ۱۳ روز، مقدار آن تا حدودی افزایش یافت. به‌نظر می‌رسد که تاثیرپذیری عملکرد دانه از زیست‌توده نسبت به تغییر در دور آبیاری بیشتر است. رقم شوین کمترین مقدار شاخص برداشت را در تیمارهای تاریخ کاشت و دور آبیاری داشت. پایین بودن مقدار شاخص برداشت رقم شوین به‌دلیل مقدار بسیار بالای زیست‌توده و عملکرد پایین دانه آن و تاحدودی مرتبط با ریزش دانه در زمان برداشت است. در هر دو سال آزمایش برداشت محصول رقم شوین در اوایل رسیدگی فیزیولوژیک انجام و

ریزش دانه تا حدودی مشاهده شد. به‌علاوه به دلیل مقدار بالای تولید زیست‌توده، میزان شاخص برداشت رقم شوین پایین بود. بالا بودن مقادیر شاخص برداشت ارقام مهاجر و برکت در دوره‌های آبیاری ۱۳ و ۱۸ روز را نیز می‌توان به بالابودن عملکرد دانه این دو رقم در مقایسه با عملکرد زیست توده آن‌ها نسبت داد (شکل ۱۲).

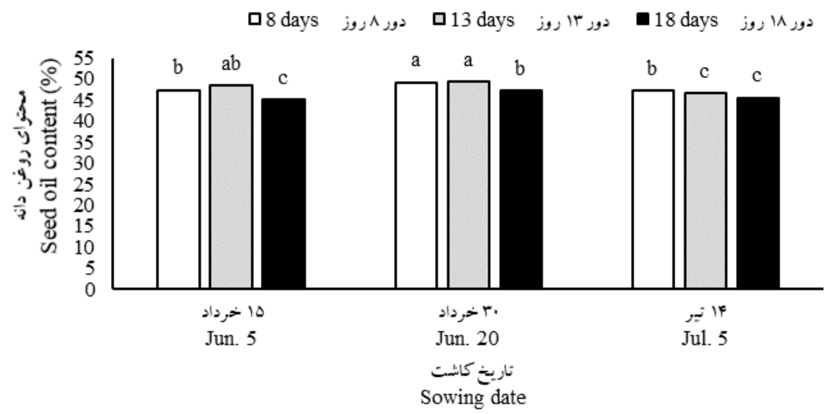


شکل ۱۲- مقایسه میانگین شاخص برداشت ارقام کنجد در تیمارهای تاریخ کاشت (۱۴۰۱)

Fig. 12. Mean comparison of harvest index of sesame cultivars in sowing date treatments (2022)

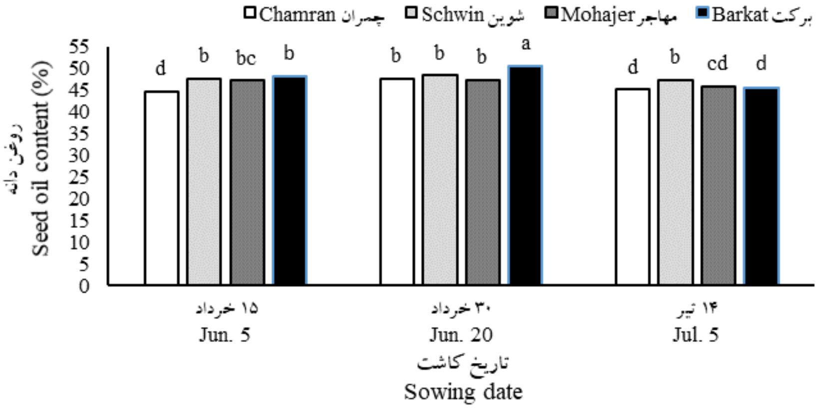
بر اساس نتایج آزمایش، دور آبیاری ۱۸ روز در هر سه تاریخ کاشت باعث کاهش محتوای روغن دانه ارقام کنجد شد (شکل ۱۳). نتایج مربوط به برهمکنش تاریخ کاشت و رقم نیز نشان داد که ارقام برکت و شوین در تاریخ کاشت ۱۵ و ۳۰ خرداد دارای محتوای روغن بالاتری نسبت به سایر ارقام بودند (شکل ۱۴).

در سال دوم آزمایش، با افزایش فواصل آبیاری از ۸ به ۱۸ روز، محتوای روغن دانه رقم برکت در تاریخ کاشت ۳۰ خرداد و ۱۵ تیر به طور معنی‌داری کاهش یافت. بیشترین محتوای روغن دانه مربوط به رقم شوین در تاریخ کاشت ۳۰ خرداد و دور آبیاری ۱۳ روز (۵۴/۵ درصد) بود. کمترین محتوای روغن دانه نیز در



شکل ۱۳- مقایسه میانگین محتوای روغن دانه ارقام کنجد در تیمارهای تاریخ کاشت و دور آبیاری (۱۴۰۰)

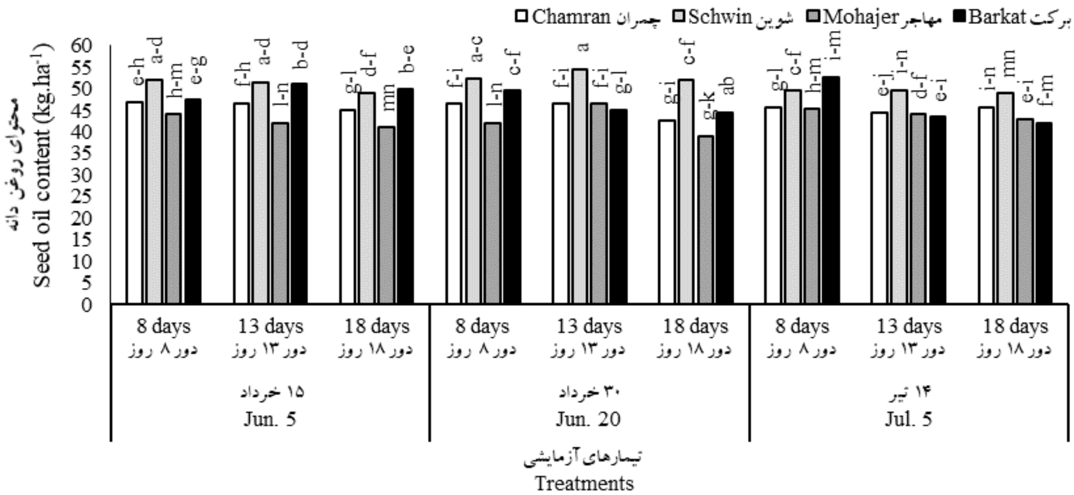
Fig. 13. Mean comparison of seed oil content of sesame cultivars in sowing date and irrigation interval treatments (2021)



شکل ۱۴- مقایسه میانگین محتوای روغن دانه ارقام کنجد در تیمارهای تاریخ کاشت (۱۴۰۰)

Fig. 14. Mean comparison of seed oil content of sesame cultivars in sowing date treatments (2021)

تیمارهای تاریخ کاشت و دور آبیاری مربوط به رقم مهاجر بود (شکل ۱۵). در رابطه با تأثیر تنش رطوبتی و تغییر تاریخ کاشت بر محتوای روغن دانه‌های روغنی گزارش‌های متفاوتی وجود دارد. همسو با نتایج آزمایش حاضر، گزارش شده است که افزایش فواصل آبیاری (Rezvani Moghaddam *et al.*, 2005; Zandi *et al.*, 2023) و تاخیر در کاشت (Khajavi et al., 2023) باعث کاهش قابل توجه محتوای روغن دانه شد. منطبق با نتایج عملکرد دانه، احتمال می‌رود که تاخیر در کاشت و افزایش دور آبیاری از طریق کاهش توان تولیدی گیاه و کوتاه شدن دوره رشد آن باعث کاهش محتوای روغن ارقام کنجد شود.

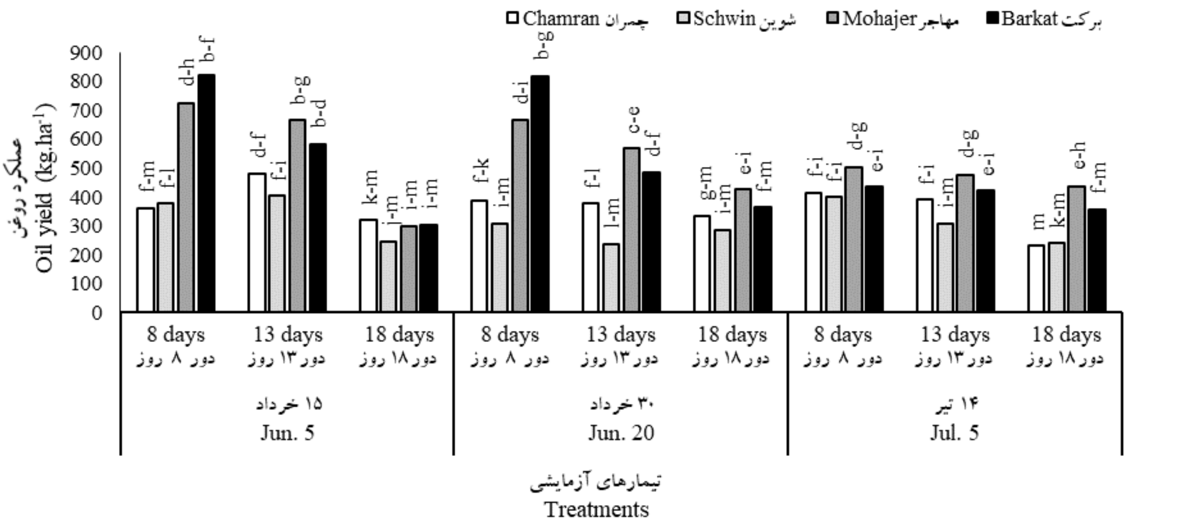


شکل ۱۵- مقایسه میانگین محتوای روغن دانه ارقام کنجد در برهمکنش تیمارهای تاریخ کاشت و دور آبیاری (۱۴۰۱)

Fig. 15. Mean comparison of seed oil content of sesame cultivars in interaction of sowing date and irrigation interval treatments (2022)

بر اساس نتایج آزمایش، در سال اول، بیشترین عملکرد روغن مربوط به رقم برکت در تاریخ کاشت ۱۵ خرداد و دور آبیاری ۸ روز (۸۲۱ کیلوگرم در هکتار) بود. تاخیر در کاشت از ۱۵ خرداد به ۳۰ خرداد

و ۱۵ تیر، باعث کوتاه شدن طول دوره رشد ارقام کنجد در هر دو تاریخ کاشت تأخیری شد (دادەها نشان داده نشده است) و در نتیجه باعث کاهش عملکرد دانه و عملکرد روغن گردید. منطبق با نتایج عملکرد دانه، کمترین عملکرد روغن مربوط به رقم شوین در تیمارهای تاریخ کاشت و آبیاری بود (شکل ۱۶). در سال دوم آزمایش، میانگین عملکرد روغن در دور آبیاری ۸ روز ۵۲۱ کیلوگرم در هکتار بود که در دور آبیاری ۱۳ و ۱۸ روز کاهش ۸ و ۲۹ درصدی داشت. عملکرد روغن در تاریخ کاشت ۱۵ خرداد ۴۷۴ کیلوگرم در هکتار بود که در تاریخ کاشت ۱۴ تیر کاهش ۷ درصدی داشت. رقم برکت با میانگین ۵۴۰ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین عملکرد روغن و رقم شوین با ۳۵۶ کیلوگرم در هکتار دارای کمترین مقدار بود (جدول ۴). نتایج نشان داد که میزان تاثیرپذیری عملکرد روغن از محتوای روغن دانه قابل ملاحظه نبود، بلکه میزان کاهش در دورهای آبیاری و تاریخ کاشت منطبق با کاهش عملکرد دانه و ناشی از تغییر در عملکرد دانه ارقام کنجد بود. به عبارت دیگر، دلیل اصلی کاهش عملکرد روغن به کاهش عملکرد دانه ناشی از دور آبیاری و تاریخ کاشت، علی‌رغم تغییر در محتوای روغن، نسبت داده می‌شود. بر این اساس تیمارهای تاریخ کاشت و دور آبیاری بر عملکرد روغن تاثیر دارند، اما اثر تغییرات عملکرد دانه در تغییرات عملکرد روغن چشمگیرتر است. در پژوهش‌های پیشین نیز به نقش عملکرد دانه در کاهش عملکرد روغن در شرایط کم‌آبیاری (Rezvani Moghaddam *et al.*, 2005; Zandi *et al.*, 2023) و تغییر در تاریخ کاشت (Khajavi *et al.*, 2023) اشاره شده است. در آزمایش حاضر، بالا بودن عملکرد روغن در ارقام مهاجر و برکت را می‌توان به عملکرد بالای دانه این ارقام نسبت داد (شکل ۵). بر همین اساس، به‌نظر می‌رسد که رتبه‌بندی و انتخاب گیاهان دانه روغنی برای عملکرد روغن، عمدتا بر اساس عملکرد دانه تعیین می‌شود.



شکل ۱۶- مقایسه میانگین عملکرد روغن ارقام کنجد در برهمکنش تیمارهای تاریخ کاشت و دور آبیاری (۱۴۰۰)

Fig. 16. Mean comparison of oil yield of sesame cultivars in interaction of sowing date and irrigation interval treatments (2021)

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که با تاخیر در کاشت و افزایش دور آبیاری، صفات مورفولوژیک و عملکردی ارقام کنجد به طور متفاوتی کاهش می‌یابند. هرچند که

در دورهای آبیاری ۸ و ۱۳ روز در بیشتر صفات، به‌ویژه عملکرد دانه و عملکرد روغـن، تفـاوت چنـدانی وجـود نداشـت، امـا دور آبیـاری ۱۸ روز باعـث کـاهش قابـل توجه عملکرد دانه و عملکرد روغن ارقام کنجد شد. بـر این اساس به‌منظور مدیریت منابع آب در فصـل پـرتنش تابستان، دور آبیاری ۱۰ تا ۱۳ روز به عنوان دور مناسـب برای ارقام کنجد ناشکوفا قابـل توصـیه اسـت. تـاخیر در کاشــت نیــز باعــث کــاهش صــفات مورفولوژیــک و عملکـردی ارقـام کنجـد شـد. بـر همـین اسـاس، تـاریخ کاشت بین ۱۵ تـا ۳۰ خـرداد بـه عنـوان تـاریخ کاشـت مناسـب بـرای ارقـام کنجـد ناشـکوفا در منطقـه دزفـول شناخته شد که برای مناطق مشابه نیز قابل توصـیه اسـت. نتایج نشان داد که ارقام کنجد ناشکوفا از نظـر عملکـرد دانه و عملکرد روغن برتری معنـی‌داری نسـبت بـه رقـم شکوفای شوین داشتند. رقم شوین در کلیـه تـاریخ‌هـای کاشت و دور آبیاری کمترین عملکـرد دانـه و عملکـرد روغن را داشت. بـین ارقـام کنجـد ناشـکوفا نیـز تفـاوت معنی‌داری از نظر عملکرد دانه و عملکرد روغـن وجـود داشت. ارقام برکت و مهاجر برتری عملکردی نسبت بـه رقم چمـران داشـتند. علـی‌رغـم ویژگـی‌هـای رشـدی و زیسـت‌تـوده بیشـتر رقـم شـکوفای شـوین، ایـن رقـم از عملکرد دانه و روغن پایین‌تری، به‌ویژه نسـبت بـه ارقـام برکت و مهاجر، داشت. به نظر می‌رسد که ارقام برکـت و مهاجر به‌دلیل مقاومت به ریزش دانه و حفظ عملکـرد در شرایط تغییر تـاریخ کاشـت و افـزایش دور آبیـاری، سازگاری نسبتا خوبی از نظر تحمـل بـه شـرایط محیطـی داشته باشند. در مجموع می‌توان اظهار داشت که عـلاوه بـر ویژگـی شـاخص مقاومـت بـه ریـزش دانـه در زمـان رسیدگی کامل، عملکرد بالای دانه در ارقام ناشـکوفای برکـت و مهـاجر، مـی‌توانـد امکـان زراعـت گسـترده و ماشینی کنجد را به‌صورت کشت تابستانه فراهم کند که ایـن موضـوع از نظـر افـزایش امنیـت غـذایی و کـاهش مصرف آب به‌واسطه جایگزینی با سایر گیاهان تابسـتانه آب‌بر، به‌ویژه در شرایط خوزستان را فراهم کند.

سپاسگزاری

نگارندگان از معاونـت پـژوهش و فنـاوری دانشـگاه شهید چمـران اهـواز بـرای تـامین بخشـی از هزینـه‌هـای اجرای این پژوهش به شماره پژوهانه SCU.AA1400.96 سپاسگزاری می‌نمایند.

منابع مورد استفاده

References

Anonymous. 2022. Annual harvested area, production, and yield of crop plants in 2021-2022. Ministry of Agriculture Jihad. Iran [In Persian].

Asadi, H., Baradaran, R., Seghatoleslami, M.J. and Moosavi, S.G. 2020. Evaluation of drought tolerance in some sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes based on stress tolerance indices. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 18(4), pp.413-433. [In Persian]. doi: 10.22067/jcesc.2020.88165

Alrteimei, H.A., Ash'aari, Z.H. and Muharram, F.M. 2022. Last decade assessment of the impacts of regional climate change on crop yield variations in the Mediterranean region. *Agriculture*, 12(11), pp.1787. https://doi.org/10.3390/agriculture12111787

Anastasi, U., Sortino, O., Tuttobene, R., Gresta, F., Giuffrè, A.M., and Santonoceto, C. 2017. Agronomic performance and grain quality of sesame (*Sesamum indicum* L.) landraces and improved varieties grown in a Mediterranean environment. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 64, pp.127–137. https://doi.org/10.1007/s10722-015-0338-z

Bedigian, D. and Harlan, J.R. 1986. Evidence for cultivation on sesame in the ancient world. *Economic Botany*, 40, pp.137-154. https://doi.org/10.1007/BF02859136

Dossa, K., Konteye, M., Niang, M., Doumbia, Y. and Cissé, N. 2017. Enhancing sesame production in West Africa's Sahel: A comprehensive insight into the cultivation of this untapped crop in Senegal and Mali. *Agriculture & Food Security*, 6(1), pp.1–15. https://doi.org/10.1186/s40066-017-0143-3

Eskandari, H., Zehtab Salmasi, S. and Ghasemi-Golezani, K. 2010. Evaluation of water use efficiency and grain yield of sesame cultivars as a second crop under different irrigation regimes. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 20(1), pp.39-51. [In Persian]. doi: 20.1001.1.24764310.1389.20.1.4.5

Fallah Ghalhari, G., Rahchamani, M. and Bayranvand, F. 2016. Estimating of sesame crop water requirement in Sabzevar climate. *Journal of Arid Regions Geographic Studies*, 6(21), pp.1-14. [In Persian]. doi: api.semanticscholar.org/CorpusID:113744624

FAO. (2021). Food and Agriculture Organization statistical databases (FAOSTAT). https://www.fao.org/faostat

Farahbakhsh, S. and Farahbakhsh, H. 2014. Effect of drought stress on yield and yield components of sesame cultivars under Kerman conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 12(4), pp.776-783. [In Persian]. doi: 10.22067/gsc.v12i4.24390

Goldani, M. 2010. Effect of irrigation intervals on some morphophysiological traits of sesame (*Sesamum indicum* L.) ecotypes. *Journal of Agroecology*, 2(4), pp.658-666. [In Persian]. doi: 10.22067/jag.v2i4.8804

Heidari, M., Galavi, M. and Hassani. M. 2011. Effect of sulfur and iron fertilizers on yield, yield components and nutrient uptake in sesame (*Sesamum indicum* L.) under water stress. *African Journal of Biotechnology*, 10(44), pp.816-882. https://doi.org/10.5897/AJB11.854

Hojabri Dughezlo, M., Alizadeh, O. and Kazerani, N. 2013. Effect of sowing date on yield and yield components of three sesame genotype in Bushehr province. *New Finding in Agriculture*, 8(2), pp.185-193. [In Persian].

Jian, S., Yue-Liang, R., Mei-Wang, L., Ting-Xian, Y., Xiao-Wen, Y. and Hong-Ying, Z. 2010. Effect of drought stress on sesame growth and yield characteristics and comprehensive evaluation of drought tolerance. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 4, pp.524- 532. https://doi.org/10.19802/j.issn.1007-9084.2022207

Kadkhodaie, A., Razmjoo, J., Zahedi, M. and Pessarakli, M. 2014a. Selecting sesame genotypes for drought tolerance based on some physiochemical traits. *Agronomy Journal*, 106, pp.111–118. https://doi.org/10.2134/agronj2013.0260

Kadkhodaie, A., Razmjoo, J., Zahedi, M. and Pessarakli, M. 2014b. Oil content and composition of sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes as affected by irrigation regimes. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 91(10), pp.1737–1744. https://doi.org/10.1007/s11746-014-2524-0

Khajavi, M., Rahnama, A., Meskarbashee, M., Moosavi, S.A. and Harrison, M.T. 2023. Effect of cytokinin hormone on morphological and yield traits of sunflower under terminal heat stress. *Crop Physiology Journal,* 14(56), pp.63-78. [In Persian]. doi: cpj.ahvaz.iau.ir/article-1-1595-fa.html

Langham, D.R. and Wiemers, T. 2001. Progress in mechanizing sesame in the US through breeding. In: Janick, J., Whipkey, A. (Eds.), Trends in New Crops and New Uses. ASHS Press, Alexandria, VA, USA.

Mehrabizadeh, Z. and Ehsanzade, P. 2012. A study on physiological attributes and grain yield of sesame cultivars under different soil moisture regimes. *Journal of Crops Improvement,* 13(2), pp.75-88. [In Persian]. doi: 20.1001.1.83372008.1390.13.2.7.3

Mojadam, M., Memarbashi, M., Egdernejhad, A., and Drodgar, N. 2017. Effects of irrigation intervals and amounts of superabsorbent on remobilization in sesame under Hamidieh weather conditions. *Journal of Water Research in Agriculture,* 31(1), pp.129-137. [In Persian]. doi: 10.22092/jwra.2017.109913

Momeni, S., Fahmideh, L., Emamjomeh, A., Solouki, M. and Zahiri, J. 2020. Effect of drought stress on morphological and physiological traits of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Journal of Plant Environmental Physiology*, 15(60), pp.61-78. [In Persian]. doi: 20.1001.1.76712423.1399.15.60.5.4

Nafe, N.A., Osman, S., Khalid, M.E. and Sabahelkhier, M.K. 2010. Photoperiod response of different varieties of sesame (*Sesamum indicum* L.), crop grown in Sudan. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences,* 6(3), pp.220-227.

Nezami, A., Fazeli Kakhki, S. F., Zarghani, H., Shabahang, J. and Gandomzadeh, M. 2014. Preliminary evaluation of yield and yield components of some Khorasanian sesame ecotypes (*Sesamum indicum* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 12(2), pp.189-195. [In Persian]. doi: 10.22067/gsc.v12i2.39144

Olowe, V.I.O. 2007. Optimum planting date for sesame (*Sesamum indicum* L.) in the transition zone of southwest Nigeria. *Agricultura Tropica et Subtropica,* 40(4), pp.156-164.

Rezvani Moghaddam. P., Norouzpour, G., Nabati, J. and Mohammadabadi, AA. 2005. Effects of different irrigation intervals and plant density on morphological characteristics, grain and oil yields of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research,* 3(1), pp.57-68. [In Persian]. doi: 10.22067/gsc.v3i1.1292

Sayyahpour H. 2008. Final report of study and determination of the suitablest of sesame advanced lines sowing date in Khouzestan Province North. Oilseeds Research Section. Seed and Plant Improvement Institute [In Persian].

Sharifi, P. and Mohammadkhani. N. 2016. Effects of drought stress on photosynthesis factors in wheat genotypes during anthesis. *Cereal Research Communications,* 44 (2), pp.229-239. https://www.jstor.org/stable/24689549

Siahpoosh, M.R., Nejadsadeghi, L., Siahpoosh, M.S., Sheidaie, S., Rezvani, E. and Sadeghi, H. 2024.

Introduction and evaluation of agronomic features of commercial nonshattering (indehiscent) sesame cultivars named Barkat, Mohajer, Chamran and Dezful. *Plant Production,* 46(4), pp.473-490 [In Persian]. doi: 10.22055/ppd.2024.46295.2149

Vafabakhsh, J., Nasiri Mahalati, M. and Koocheki, A. 2008. Effects of drought stress on radiation use efficiency and yield of winter Canola (*Brassica napus* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 6(1), pp.193-204. [In Persian]. doi: 10.22067/gsc.v6i1.1191

Zandi, R., Rahnama, A. and Meskarbashi, M., 2023. Effect of deficit irrigation regimes on photosynthetic, morpho-physiological and yield traits of safflower (*Carthamus tinctorious* L.) in Ahvaz climate condition. *Crop Physiology Journal,* 15(59), pp.19-40. [In Persian]. doi: cpj.ahvaz.iau.ir/article-1-1614-en.html